



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 35 370 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 01 F 23/28
G 01 F 23/38
G 01 F 25/00

⑳① Aktenzeichen: 198 35 370.7
⑳② Anmeldetag: 5. 8. 1998
⑳③ Offenlegungstag: 10. 2. 2000

DE 198 35 370 A 1

⑦① Anmelder:
VEGA Grieshaber KG, 77709 Wolfach, DE

⑦④ Vertreter:
Patentanwälte Westphal, Mussnug & Partner,
78048 Villingen-Schwenningen

⑦② Erfinder:
Raffalt, Felix, Dipl.-Ing., 77756 Hausach, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

⑤④ Verfahren und Anordnung zur Funktionsüberwachung von Vibrationsgrenzschaaltern

⑤⑦ Verfahren zur Funktionsüberwachung von Vibrationsgrenzschaaltern mit einer Schwinggabel und einer der Schwinggabel parallel geschalteten Schwinggabelnachbildungseinheit, die Bestandteil eines Oszillatorschwingkreises ist, wobei während des Füllstandmessbetriebes der Oszillatorschwingkreis zyklisch auf der aktuellen Schwinggabelfrequenz sowie auf Frequenzen von redundanten Bandfiltern schwingt, wobei die Frequenzen der Bandfilter zwischen zwei Werten, die von an die Bandfilter schaltbaren Kennwiderständen abhängen, variieren.

DE 198 35 370 A 1

Beschreibung

Aufgabe des nachfolgend beschriebenen Sensors ist die Arbeitsweise als Überfüllsicherung bzw. Trockenlaufschutz, entsprechend der Sicherheitsanforderungsklasse AK5.

Dies bedeutet, daß der Sensor alle elektrisch und mechanisch anzunehmenden Defekte erkennen muß und den Ausgang daraufhin in den sicheren Zustand zu überführen hat. Ein unbemerkter Bauteilausfall, der ein Nichtansprechen des Sensors bei Auftreten des zu meldenden Füllstandniveaus zur Folge hätte, muß durch entsprechende Überwachungsverfahren ausgeschlossen sein.

Stand der Technik ist ein Schwinggabelgrenzschalter, bei dem die füllstandabhängige Schwingfrequenz der Gabel als Analogstrom zum Auswertgerät übertragen wird. Das Auswertgerät vergleicht den aktuellen Stromwert mit dem abgespeicherten Wert beim Leerabgleich und meldet bei Überschreiten einer festgelegten Differenz das Erreichen des zu meldenden Füllstandniveaus. Zu Testzwecken schaltet das Auswertgerät den Rückkoppeloszillator des Sensors von der Schwinggabel auf ein Referenzbandfilter um. Der Sensor überträgt dann einen Referenzstromwert zum Auswertgerät, das diesen mit einem, während des Abgleichs abgespeicherten Wert vergleicht und bei Abweichungen dies als Defekt der Meßeinrichtung meldet (VEGA DE 42 32 719). Nachteilig an diesem Verfahren ist, daß bei Inbetriebnahme ein Leerabgleich durchzuführen ist sowie der umfangreiche analogtechnische Schaltungsaufwand.

Ein zweiter Stand der Technik ist ein Schwinggabelgrenzschalter, bei dem die Schwingfrequenz als binäre Impulse zum Auswertgerät übertragen wird. Zu Testzwecken schaltet der Sensor das Antriebssystem der Schwinggabel periodisch ab und wertet die auftretende Phasenverschiebung zwischen Empfangswandler und Erregungswandler vor und nach der Abschaltung aus.

Nachteilig an diesem Verfahren ist, daß nach Abschaltung der Gabelerregung während der Nachschwingphase die Referenzmessung erfolgt. Bei viskosen Füllgütern wird aufgrund deren schwingungsdämpfender Eigenschaften die Nachschwingphase extrem kurz, so daß die Palette meßbarer Füllgüter stark eingeschränkt ist (E+H DE 44 02 234).

Ein dritter Stand der Technik ist ein Schwinggabelgrenzschalter, bei dem 2 getrennte Empfangswandler vorgesehen sind, mit jeweils eigenem Rückkoppeloszillator. Beide Signalverarbeitungskanäle dienen abwechselnd zur Erzeugung des Antriebssignals. Zum Auswertgerät werden dabei abwechselnd beide Schwingfrequenzen binär übertragen und von diesem auf Übereinstimmung überprüft (E+H DE 44 19 617). Nachteilig an diesem Verfahren ist das aufwendige Antriebssystem mit 2 getrennten Empfangswandlern. Ein weiterer wesentlicher Nachteil der Verfahren nach zweitem und drittem Stand der Technik ist die Tatsache, daß der Schwinggabelresonator mechanisch (z. B. durch Abfräsen) auf eine feste Frequenz bei der Herstellung genau abgeglichen werden muß, was erhebliche Kosten verursacht. Beschichtete Schwinggabeln (Halar, Email) können überhaupt nicht eingesetzt werden. Ohne diesen Initialabgleich jeder Schwinggabel auf eine bei allen Gabeln gleiche Frequenz wäre weder ein einheitlicher Werksabgleich, noch der später abgleichlose Austausch möglich.

Stand der Technik zur Vermeidung eines mechanischen Schwinggabelabgleichs, bzw. der Notwendigkeit des Leerabgleichs durch den Kunden, ist die Verwendung eines Kennwiderstands, der der Schwinggabel zugeordnet ist und der Sensorelektronik die genaue Größe der Schwinggabelgrundfrequenz mitteilt (E+H DE 42 32 659). Nachteilig an diesem Verfahren ist, daß eine Drift oder ein Ausfall des Kennwiderstandes und der ihn auswertenden Schaltungs-

teile nicht festgestellt werden kann und damit eine Anwendung entsprechend AK5 nicht zulässig ist.

Aufgabe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es daher eine Anordnung zu schaffen, welche es gestattet auf einen Leerabgleich durch den Kunden zu verzichten. Schwinggabeln beschichtet und unbeschichtet ohne mechanischen Nachabgleich einzusetzen sowie ein Standardantriebssystem zu verwenden. Desweiteren soll eine besonders hohe Fehlerdetektionssicherheit bei möglichst geringem Schaltungsaufwand erzielt werden.

Gelöst wird die Aufgabe durch die folgenden Merkmale:

- Kodierung der Schwinggabelresonanzfrequenz in Luft über 2 redundante Kennwiderstände von unterschiedlicher Größe, die in einem bestimmten mathematischen Verhältnis zueinander stehen.
- Auswertung der Kennwiderstände über 2 redundante Bandfilter, die anstelle der Schwinggabel in den Oszillatorschwingkreis geschaltet werden können.
- Umschaltung der Bandfilter vom jeweiligen Kennwiderstand für Luftfrequenz auf jeweils einen weiteren Referenzwiderstand für eine tiefe Frequenz, die den ins Füllgut eingetauchten Zustand des Sensors nachbildet.
- Ablaufsteuerung, welche den Oszillatorschwingkreis veranlaßt zyklisch auf der aktuellen Schwinggabelfrequenz sowie auf den Frequenzen der beiden redundanten Bandfilter (2 × Luft, 2 × Bedeckung) zu schwingen.
- Übertragungsverfahren, welches auf einer Zweidrahtleitung mittels binärer Stromwerte den Meßwert und die 4 Referenzwerte digital überträgt, wobei anhand des Tastverhältnisses die Kodierung zwischen Meß- und Referenzwert erfolgt.

Fig. 1 zeigt das Blockschaltbild einer, dem erfindungsgemäßen Verfahren entsprechenden, Schaltungsanordnung.

Fig. 2 zeigt die Signalübertragung zwischen Sensor und Auswertgerät.

Es ergibt sich folgender Funktionsablauf:

Während des Füllstandmeßbetriebs wird die Schwinggabel 17 vom Rückkoppeloszillator 1 bis 10 auf ihrer mechanischen Resonanzfrequenz erregt. Die vom Füllgutbedeckungszustand abhängige Schwingfrequenz wird vom Frequenzteiler 27 heruntergeteilt (z. B.: 8) und dem Monoflop 25 zugeführt, welches die Stromstufe 24 mit Impulsen definierter Breite ansteuert. Auf der Zweidrahtleitung 28 werden die heruntergeteilten Schwingfrequenzimpulse als Wechsel zwischen 2 Stromwerten (z. B. 8/16 mA) binär zum Auswertgerät übertragen.

Nachdem eine bestimmte Anzahl, den Füllstandmeßwert darstellender Stromimpulse, zum Auswertgerät übertragen wurde (z. B. 16 Meßwerte), schaltet der Frequenzteiler 27 mittels eines weiteren Ausgangssignals 29 den Schalter 11 von der Schwinggabel 17 auf die Schwinggabelnachbildung 16 um, welcher je nach Stellung des Schalters 13 das Bandfilter 14 bzw. 15 parallelgeschaltet ist. Der Rückkoppeloszillator 1 bis 10 schwingt auf diese Weise auf der Resonanzfrequenz des Bandfilters 14 bzw. 15, dessen Frequenz je nach Stellung der Schalter 18 bzw. 19 von den Werten der Widerstände 20, 21 bzw. 22, 23 abhängt. Die Umschaltung des Schalters 13 (z. B. nach 64 Stromimpulsen) sowie der Schalter 18 und 19 (z. B. nach 32 Stromimpulsen) wird ebenfalls vom Teiler 27 gesteuert. Über die Zweidrahtleitung wird auf diese Weise abwechselnd eine Meßwertfolge 40 und jeweils eine von 4 Referenzwertfolgen 41 bis 44 zum Auswertgerät übertragen. Die Wertefolgen 40 bis 44 setzen sich dabei aus jeweils z. B. 16 einzelnen Werten 45 bis 49 zusammen.

Der erste Referenzwert 46 entspricht dem Meßwert einer vollständig von Füllgut unbedeckten Schwinggabel 17. Er wird abgeleitet vom Kennwiderstand 20, welcher mechanisch der Schwinggabel zugeordnet ist und vom Widerstandswert entsprechend der Fertigungstoleranz der Schwinggabel so gewählt ist, daß das Bandfilter 14 auf deren fertigungsbedingter Grundfrequenz schwingt.

Das Auswertgerät kann durch Verrechnen des aktuellen Meßwertes 45 mit dem übertragenen Referenzwert 46 als Maß für den Sensorunbedecktzustand feststellen, ob die Schwinggabel für die Ausgabe einer Vollmeldung hinreichend bedeckt ist. Da der Kennwiderstand 20, der Umschalter 18 sowie das Bandfilter 14 aufgrund von Bauteiledefekten ihre Werte verändern können, ist ein redundanter Schaltungsteil in Form des Kennwiderstandes 22, des Umschalters 19 sowie des Bandfilters 15 vorgesehen. Es wird auf diese Weise der Referenzwert 48 erzeugt, welcher bei korrekter Funktion aller Bauelemente den selben Wert wie Referenzwert 46 aufweist. Durch Vergleich beider Werte kann das Auswertgerät feststellen, ob ein gültiger Wert für die Schwingfrequenz der Gabel 17 in Luft vorliegt. Zur Aufdeckung gleichartiger simultan auftretender Fehler in beiden Referenzwertkanälen stehen die Widerstandswerte beider Kennwiderstände 20, 22 in einem festen mathematischen Verhältnis zueinander und sind auf diese Weise von unterschiedlicher Größe. Die Bandfilter 14, 15 bilden die, für die Widerstände 20, 22 jeweils gewählte, mathematische Funktion in ihrer Widerstands-Frequenz-Wandlungssteilheit invers nach, so daß sich bei gleicher kodierter Gabelschwingfrequenz wieder identische Ausgangsfrequenzen der Bandfilter ergeben. Gleichartig auftretende Bauelementefehler ergeben aufgrund der unterschiedlichen Wandlungsfunktionen somit verschiedene Frequenzausgangswerte, welche vom Auswertgerät als nicht übereinstimmend und somit ungültig erkannt werden.

Durch die Übertragung des Referenzwertes einer unbedeckten Schwinggabel wird zugleich nachgewiesen, daß die komplette Meßanordnung in der Lage ist, den Füllgutunbedecktzustand der Schwinggabel zu verarbeiten, d. h. daß der Rückkoppeloszillator auf dieser Frequenz schwingfähig ist, diese Frequenz als Meßwert auf der Zweidrahtleitung ausgegeben werden kann, die Leitung den Wert auch korrekt überträgt sowie daß das Auswertgerät in der Lage ist, den Wert unverfälscht zu messen und in das Mikroprozessorsystem korrekt einzulesen. Der entsprechende Nachweis der Signalverarbeitungsfähigkeit einer vom Füllgut vollständig bedeckten Schwinggabel geschieht durch Auswertung der Fest-Referenzwiderstände 21, 23. Diese befinden sich anders als die Referenzwiderstände 20, 22 auf der Leiterplatte der Sensorelektronik, d. h. sie sind nicht der Schwinggabel 17 zugeordnet. Ihr Wert ist in der Weise gewählt, daß sie die Bandfilter 14, 15 in Verbindung mit dem Rückkoppeloszillator 1 bis 10 zu Schwingungen auf der Frequenz einer füllgutbedeckten Schwinggabel veranlassen. Das Auswertgerät vergleicht diese Frequenz mit einem fest einprogrammierten Wert und gibt bei unzulässigen Abweichungen eine Fehlermeldung aus. Zum Nachweis, daß beide Referenzkanäle 14, 18, 20, 21 bzw. 15, 19, 22, 23 abwechselnd aktiviert werden, d. h. der Umschalter 13 korrekt arbeitet, kodieren die Referenzwiderstände 21, 23 unterschiedliche Frequenzwerte wie sie einem unterschiedlichen Füllgutbedeckungszustand der Schwinggabel entsprechen würden. Das Auswertgerät erwartet auf diese Weise einen stetigen Wechsel zwischen 2 fest vorgegebenen Schwinggabel-Bedecktreferenzwerten 47, 49 und kann daran erkennen, daß tatsächlich beide Referenzkanäle abwechselnd aktiv sind. Dies ist wichtig, da im Falle der permanenten Auswertung lediglich eines Referenzkanales eine Drift des Schwinggabelunbedecktreferenz-

wertes unbemerkt bliebe, da in diesem Falle die übertragenen Referenzwerte 46, 48 zwangsläufig identisch wären.

Die Unterscheidung, ob der übertragene Wert auf der Zweidrahtleitung 28 ein Meßwert 45 oder einer der Referenzwerte 46 bis 49 ist, geschieht anhand der Pulsbreite des High-Stromwertes auf der Leitung. Dieser hat im Falle eines Meßwertes eine erste Impulsbreite 50 und im Falle eines Referenzwertes eine zweite Impulsbreite 51. Die Impulsbreitenmodulation der Ausgangssignale wird vom Monoflop 25 vorgenommen, welches das heruntergeteilte Schwingungssignal 30 in Impulse 31 definierter Breite wandelt und mit diesen die Stromausgangsstufe 24 ansteuert. Die Umschaltung der Impulsbreite erfolgt mittels Steuersignal 29, welches mittels Umschalter 11 den Wechsel zwischen Meß- und Referenzwert bewirkt.

Die Unterscheidung zwischen Unbedeckt- und Bedecktreferenzwert sowie zwischen beiden Bedecktreferenzwerten führt das Auswertgerät anhand der Wertgröße durch.

Aufgrund des fest vorgegebenen Übertragungsprotokolls werden Fehler in der Ablaufsteuerung des Sensors als Abweichung von diesem zwangsläufig vom Auswertgerät erkannt. Da die Ablaufsteuerung während eines Testzyklus alle Funktionstufen der Sensorschaltung mindestens einmal aktiviert und alle Stufen hinsichtlich ihres Verhaltens bei Schwingungswerten einer bedeckten und unbedeckten Schwinggabel durchgemessen werden, erfolgt die Feststellung jedes funktionsbeeinträchtigenden Bauteiledefektes des Sensors, der Verbindungsleitung sowie der Sensorsignalverarbeitungsstufen des Auswertgerätes nach Beendigung des Testzyklus, d. h. beispielsweise ca. alle 3 sec. Die Meßeinrichtung wird auf diese Weise permanent auf ihre augenblickliche Funktionstüchtigkeit überprüft.

Um ein gleichartiges Verhalten des Rückkoppeloszillators 1 bis 10 während Meß- und Referenzphase zu erreichen, wird während der Referenzphase die elektrische Impedanz der Schwinggabel mittels Schaltungsstufe 16 nachgebildet und über die Additionsstufe 12 dem entsprechenden Bandfiltersignal überlagert.

Die Überwachung der Schwinggabel 17 erfolgt durch Auswertung der von ihr abgeleiteten Meßwerte 45. Ist die Frequenz des Meßwertes 45 höher als die übertragenen Füllgutunbedecktreferenzwerte 46, 48 oder liegt sie tiefer als ein vorgegebener Wert unter diesen, so meldet das Auswertgerät einen Sensordefekt. Bei zu geringer Schwingamplitude der Gabel 17 übernimmt das Bandfilter 10 die Schwingung im Oszillatorrückkoppelkreis und zieht die Schwingfrequenz auf einen Wert außerhalb des Schwinggabelnennarbeitsbereichs, so daß das Auswertgerät aufgrund zu hohem oder zu tiefem Meßwert 45 Sensor defekt meldet. Weicht die ohmsche Impedanz der Schwinggabel 17 aufgrund von Kurzschluß oder Unterbrechung der zu ihr führenden Verbindungsleitungen bzw. aufgrund von eingedrunenem korrosivem Füllgut von einem vorgegebenen Nennwert übermäßig ab, so entsteht am Ladungskompensator 1 ein während er Signalausastlücke (Stufe 2, 9) nicht kompensierbares Stromungleichgewicht, welches den Rückkoppeloszillator zu einer Schwingung oberhalb des Schwinggabelnennarbeitsbereiches veranlaßt (Auswertgerät gibt Störmeldung aus).

Neben der totalen Überwachung aller Komponenten des Füllstandsensors und der zugehörigen Schaltungsbaugruppen des Auswertgerätes zeichnet sich das erfindungsgemäße Verfahren auch durch besonders geringe Herstellkosten aus.

- kein mechanischer Fertigungstoleranzabgleich der Schwinggabel erforderlich
- Standardantriebssystem ist verwendbar
- geringer Schaltungsaufwand im Sensor durch einfa-

che Zwangsablaufsteuerung mittels Frequenzteiler 27 und einfacher binärer Stromausgangsstufe 24 (keine f/I-Wandlung)

- geringer Signalerfassungsaufwand im Auswertgerät, durch die binäre Übertragung (kein A/D-Wandler erforderlich)
- keine Abgleicheinrichtungen im Auswertgerät erforderlich (redundante EEPROM Abgleichwertspeicher, Abgleichbedienelemente entfallen)

10

Durch den symmetrischen Aufbau des Funktionstests ist das Verfahren sowohl zur Überwachung von Überfüllsicherungen als auch von Minimumdetektionen einsetzbar.

Patentansprüche

15

Verfahren zur Funktionsüberwachung von Vibrationsgrenzschaltern mit einer Schwinggabel (17) und einer der Schwinggabel (17) parallel geschalteten Schwinggabelnachbildungseinheit (16), die Bestandteil eines Oszillatorschwingkreises (14, 15, 20-23) ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß während des Füllstandmessbetriebes der Oszillatorschwingkreis (14, 15, 20-23) zyklisch auf der aktuellen Schwinggabelfrequenz sowie auf Frequenzen von redundanten Bandfiltern (14, 15) schwingt, wobei die Frequenzen der Bandfilter (14, 15) zwischen zwei Werten, die von an die Bandfilter (14, 15) schaltbaren Kennwiderständen (20, 22) abhängen, variieren.

20
25
30

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

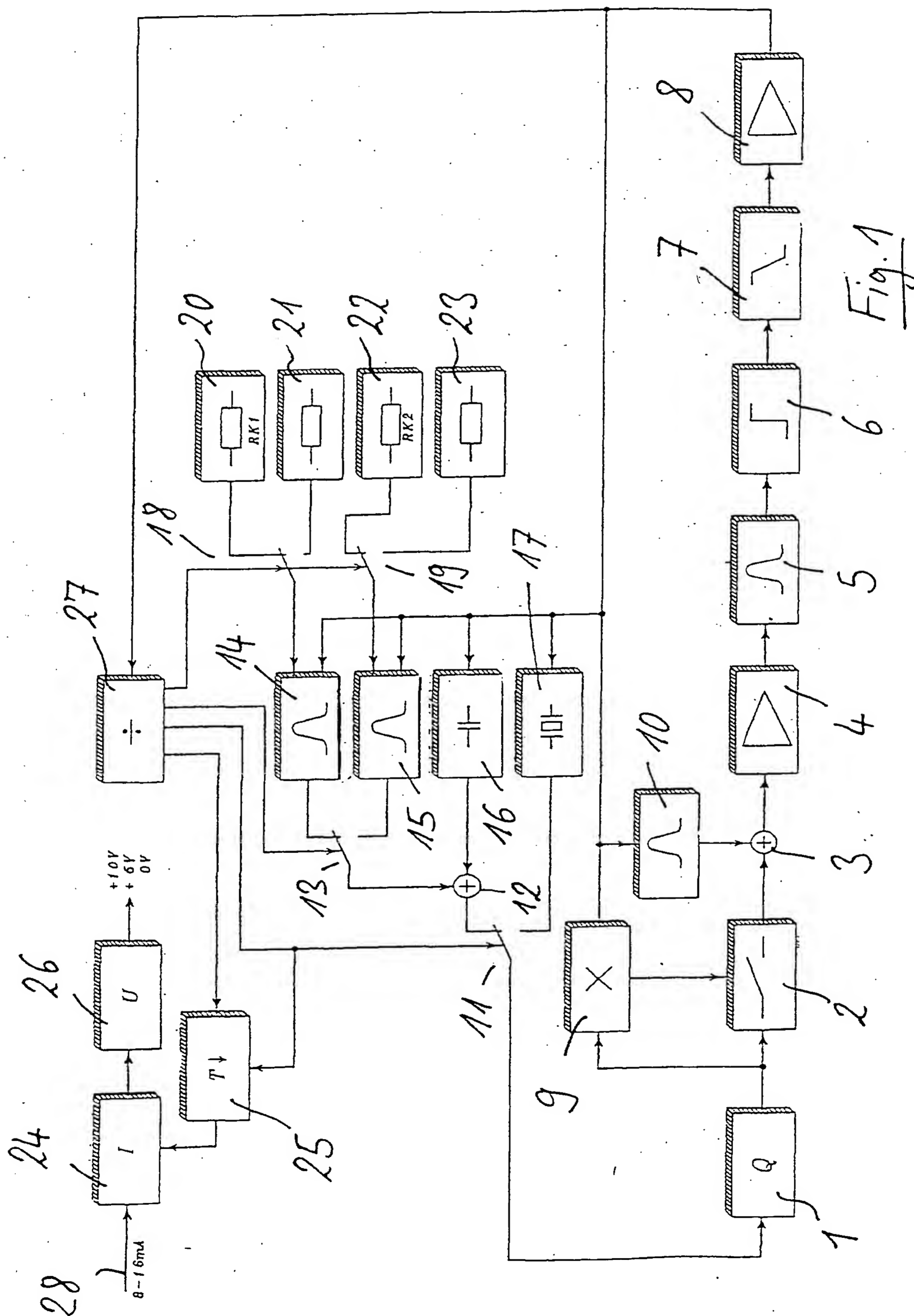


Fig. 1

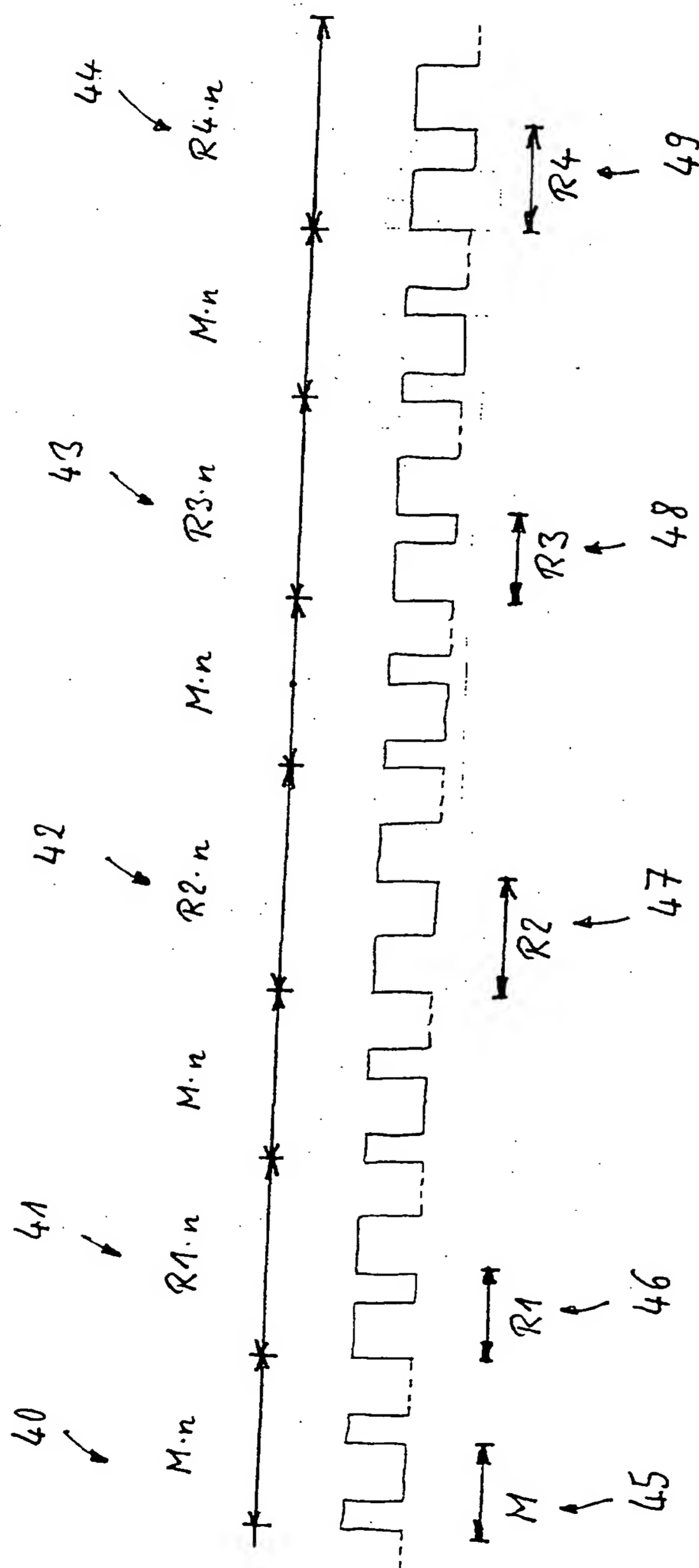


Fig. 2

n = z.B. 16